

Apparatus and method for determining azimuth, pitch and roll.

Patent Number: ☐ [EP0331261](#), [B1](#)
Publication date: 1989-09-06
Inventor(s): FOWLER JOHN T
Applicant(s): DIGICOURSE INC (US)
Requested Patent: DE68906184T
Application Number: EP19890200482 19890227
Priority Number(s): US19880162007 19880229
IPC Classification: G01C17/38; G01R1/18
EC Classification: [G01C17/30](#), [G01C17/38](#), [G01R33/02A](#), [G05D1/08](#)
Equivalents: CA1299859, DE68906184D, ☐ [JP2062908](#)
Cited Documents: [DE1252796](#)

Abstract

Apparatus and method for determining the azimuth (heading), pitch and roll which include a magnetometer-type sensor providing Hx, Hy and Hz related signals, and coil elements wound around the magnetometer which selectively impose specific magnetic fields about the sensor. The Hx, Hy and Hz field components of the magnetic field are measured from the sensor with and without the selective energization of the magnetic coils and stored, from which the azimuth, pitch and roll are calculated. Furthermore, quadrant correction is applied such that a unique reading is produced for all angles through 360 DEG of azimuth, pitch or roll.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

THIS PAGE BLANK (USPTO)



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der
europäischen Patentschrift

⑤1 Int. Cl.⁵:
G 01 R 1/18
G 01 C 17/38

⑧7 EP 0 331 261 B1

⑩ **DE 689 06 184 T 2**

②1 Deutsches Aktenzeichen:	689 06 184.6
⑧6 Europäisches Aktenzeichen:	89 200 482.1
⑧6 Europäischer Anmeldetag:	27. 2. 89
⑧7 Erstveröffentlichung durch das EPA:	6. 9. 89
⑧7 Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	28. 4. 93
④7 Veröffentlichungstag im Patentblatt:	5. 8. 93

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1
29.02.88 US 162007

⑦3 Patentinhaber:
Digicourse, Inc., Harahan, La., US

⑦4 Vertreter:
von Samson-Himmelstjerna, F., Dipl.-Phys.; Turi, M.,
Dipl.-Phys., Pat.-Anwälte, 8000 München

⑧4 Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT

⑦2 Erfinder:
Fowler, John T., Marblehead Massachusetts 01945,
US

⑤4 Apparat und Methode zur Bestimmung von Azimut, Neigung und Rollen.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 689 06 184 T 2

DE 689 06 184 T 2

P 689 06 184.6

1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Bestimmung von Azimut und Neigung relativ zu einem Meßrahmen mit ersten, zweiten und dritten zueinander orthogonalen Achsen einer Struktur, die einen darauf kardanisch aufgehängten Kompaß enthält.

Bei Kompassen, die Magnetometer mit zwei orthogonal gerichteten induktiven Meßsondenelementen umfassen, die Signale liefern, aus denen ein Kurs bzw. Steuerkurs berechnet wird, sind auch Neigung und Rollen des Schiffes oder einer Plattform, an der der Kompaß befestigt ist, per se von Interesse, und weil es möglicherweise die Kursberechnungen beeinflusst. Demzufolge sind Neigungs- und Rollsignale genauso erwünscht wie Kurssignale. Jedoch sind separat abgeleitete Signale nicht so gut, wie tatsächlich die Neigung und Rollen der kardanisch aufgehängten Plattform zu messen.

Deshalb wird erfindungsgemäß der Kurs durch folgende Schritte berechnet: Messen des Umgebungsmagnetfeldes in Form dreier im wesentlichen unabhängiger Komponenten und Liefern bzw. Erzeugen von Feldkomponentensignalen X_e , Y_e und Z_e , jeweils in Richtung der zueinander orthogonalen X-, Y- und Z-Achsen in einem durch den Kompaß definierten Meßrahmen (Block 106); Anlegen eines ersten - zur Y-Achse des Meßrahmens orthogonalen - vorgegebenen Magnetfeldes (Block 112); Messen der unabhängigen Komponenten des Magnetfeldes, die aus der Überlagerung des Umgebungsmagnetfeldes und des ersten vorgegebenen Magnetfeldes resultieren und Erzeugen von Feldkomponentensignalen X_p , Y_p und Z_p (Block 114); Bestimmen des Azimuts (θ) entsprechend dem Arkustangens von (Y_e/X_e) (Block 130); Bestimmen des Rollens (P) entsprechend dem Arkustangens von $[(X_p - X_e)/(Z_p - Z_e)]$ (Block 118, 120); und Übertragen von Signalen, die θ und P darstellen (Block 134).

Die Erfindung wird besser verstanden beim Lesen der folgenden detaillierten Beschreibung im Zusammenhang mit der Zeichnung, wobei:

- Fig. 1 eine Blockzeichnung eines erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels ist;
- Fig. 1A eine Querschnittansicht der Neigungs- und Rollspulen ist, die den Sensor umgeben; und
- Fig. 2 ein Flußdiagramm des Verfahrens zur Berechnung von Azimut, Neigung und Rollen gemäß einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel ist.

In Fig. 1 wird eine Blockzeichnung eines Ausführungsbeispiels des Systems 50 gezeigt, wobei ein Sensor 52, der drei orthogonale Magnetfeldfühler 52A, 52B und 52C enthält, typischerweise induktive Meßsonden, in einer Struktur gehalten wird, die eine Neigungsspule 54 und eine darüber angeordnete Rollspule 56 aufweist, um ein vorgegebenes Gleich(strom)magnetfeld selektiv für den nachfolgend beschriebenen Verfahren zu liefern. Die speziellen Proportionen der Neigungs- und Rollspulen 52 und 54 sind deutlicher in Fig. 1A dargestellt, wobei die Spulen 52 und 54 solenoidförmig gewundene Spulen umfassen, die sich über den Sensor 52 derart ausdehnen, daß die durch die entsprechenden Spulen erzeugten Flußlinien im wesentlichen parallel und gleichförmig durch den Sensor 52 laufen. Die drei orthogonalen Magnetfeldfühler 52A, 52B und 52C des Sensors 52 definieren einen Meßrahmen für die Bestimmung des Rollens über die Y-Achse und der Neigung über die X-Achse.

Die von den individuellen Meßsonden im Sensor 52 erhaltenen Signale werden von den Elementen 60, 62 und 64 gemessen und von einem Prozessor 66 empfangen und gespeichert. Der Prozessor versorgt bzw. aktiviert sequentiell und selektiv die Neigungs- und Rollspulen 54 und 56 entsprechend den Steuersignalen, die jeweils an den Versorgungsschaltkreisen 68 und 70 anliegen. Die berechneten resultierenden Neigung, Rollen und Azimut werden an Ausgangsleitungen 72 zur Verfügung gestellt und/oder selektiv an einem Display 74 angezeigt.

Das erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel 50 enthält einen Prozessor 66, der typischerweise einen Mikroprozessor umfaßt, z. B.

den MCS 48 Series Microprocessor, hergestellt von Intel Corp., den 6800 Series Microprocessor, hergestellt von Motorola Inc., oder damit vergleichbare, und der erfindungsgemäß von einem Fachmann entsprechend dem nachfolgenden Verfahren programmiert ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren liefert ein periodisches "Update" der Neigungs-, Roll- und Azimutsignale. Ein Ausführungsbeispiel des Verfahrens ist im Flußdiagramm 100 in Fig. 2 dargestellt, wobei das Verfahren mit dem Schritt 102 beginnt und die Spulen im Schritt 104 abschaltet, so daß die X-, Y- und Z-Signale, die durch den Sensor 52 geliefert und durch die Elemente 60, 62 und 64 gemessen und als X_e , Y_e und Z_e aufgezeichnet werden, nur dem Umgebungsmagnetfeld (der Erde) H_{x_1} , H_{y_1} und H_{z_1} entsprechen. Die Messung wird im Schritt 106 durchgeführt. Sodann wird im Schritt 108 die Rollspule 56 aktiviert und die drei orthogonalen Signale werden im Schritt 110 für die Feldkomponenten H_{x_2} , H_{y_2} und H_{z_2} gemessen, wobei die Signale als X_r , Y_r und Z_r aufgezeichnet werden. Sodann wird die Rollspule 56 deaktiviert und die Neigungsspule 54 im Schritt 112 aktiviert. Die Signale des Sensors werden im Schritt 114 gemessen und liefern die X_p -, Y_p - und Z_p -Signale, die H_{x_3} , H_{y_3} und H_{z_3} entsprechen, die das Umgebungserdmagnetfeld und das durch die Neigungsspule angelegte Feld umfassen. Vorzugsweise werden die obigen Schritte der Messung des Sensorsignals mit und ohne Aktivierung der einzelnen Roll- und Neigungsspulen in einem kurzen Intervall durchgeführt, z.B. 15 Millisekunden, um einen "Schnappschuß" der Umgebungsfeldbedingungen zu liefern. Falls zwischen den Lesevorgängen eine verlängerte Zeitperiode existiert, so daß die Plattform, an welche der Kompaß befestigt ist, ihre relative Position verändert, bewirken Änderungen in den Umgebungsfeldbedingungen fehlerhafte Berechnungen der erwünschten Signale.

Die bei Abschaltung aller Spulen gewonnenen Signale (X_e , Y_e und Z_e) werden von den bei aktivierter Rollspule gewonnenen Signalen (X_r , Y_r und Z_r) subtrahiert, so daß im Schritt 116 die Differenzsignale X_I , Y_I und Z_I resultieren. Ähnlich werden die bei

deaktivierten Spulen gemessenen Signale in Schritt 118 von den bei aktivierter Neigungsspule gewonnenen Signalen (X_p , Y_p und Z_p) subtrahiert, was die Signale XII, YII und ZII liefert.

Im Schritt 120 wird die Neigung (P) berechnet, entsprechend dem Arkustangens XII/ZII (Arkustangens $(Hx_2 - Hx_1)/(Hz_2 - Hz_1)$). Im Schritt 122 wird eine Quadrant-Korrektur angewendet, derart, daß - falls der Wert von XII (Hx-Signal) kleiner ist als 0 - 180° zum Wert der Neigung addiert wird und - falls der Wert von XII (Hx) größer als 0 ist und der Wert von ZII (Hy) kleiner als 0 ist - ein Wert von 360° zum berechneten Wert der Neigung addiert wird. Sodann wird im Schritt 124 der Wert von ZI mit $1 + \sin P$ multipliziert, wobei P der berechnete Neigungswinkel ist.

Das Rollen (R) wird im Schritt 126 berechnet entsprechend dem Arkustangens von YI/ZI (Arkustangens $(Hy_3 - Hy_1)/(Hz_3 - Hz_1)$), und wird korrigiert im wahlweisen Schritt 128, der die Quadrant-Korrektur entsprechend dem Schritt 122 umfaßt, die am berechneten Rollenwinkel angewendet wird.

Der Azimut wird im Schritt 130 berechnet, entsprechend dem Arkustangens der anfänglich gemessenen Werte von Y_e/Z_e (Arkustangens Hy_1/Hx_1). Die Quadrant-Korrektur wird im wahlweisen Schritt 132 angewendet, der den Vorgang vom vorstehend diskutierten Schritt 122 umfaßt und am berechneten Azimutwinkel angewendet wird.

Schließlich werden im Schritt 134 die berechneten Kurs-, Neigungs- und Rollwerte zu den externen Vorrichtungen oder dem Display 74 übertragen, woraufhin das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestimmung von Azimut, Neigung und Rollen wieder mit Schritt 102 beginnt.

Ansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung von Azimut und Neigung relativ zu einem Meßrahmen mit ersten, zweiten und dritten zueinander orthogonalen Achsen einer Struktur, die einen darauf kardinalisch aufgehängten Kompaß enthält, gekennzeichnet durch folgende Schritte: Messen des Umgebungsmagnetfeldes in Form dreier im wesentlichen unabhängiger Komponenten und Liefern bzw. Erzeugen von Feldkomponentensignalen X_e , Y_e und Z_e , jeweils entlang zueinander orthogonaler X-, Y- und Z-Achsen in einem durch den Kompaß definierten Meßrahmen (Block 106); Anlegen eines ersten - zur Y-Achse des Meßrahmens orthogonalen - vorgegebenen Magnetfeldes (Block 112); Messen der unabhängigen Komponenten des Magnetfeldes, die aus der Überlagerung des Umgebungsmagnetfeldes und des ersten vorgegebenen Magnetfeldes resultieren und Erzeugen von Feldkomponentensignalen X_p , Y_p und Z_p (Block 114); Bestimmen des Azimuts (θ) entsprechend dem Arkustangens von (Y_e/X_e) (Block 130); Bestimmen der Neigung (P) entsprechend dem Arkustangens von $[(X_p - X_e)/(Z_p - Z_e)]$ (Block 118, 120); und Übertragen von Signalen, die Azimut und Neigung darstellen (Block 134).
2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Schritte: Entfernen des ersten vorgegebenen Magnetfeldes und Anlegen eines zweiten - zur Richtung des ersten vorgegebenen Magnetfeldes orthogonalen - vorgegebenen Magnetfeldes (Block 112); Messen der unabhängigen Komponenten des Magnetfeldes, die aus der Überlagerung des Umgebungsfeldes und des zweiten vorgegebenen Magnetfeldes resultieren und Erzeugen von Feldkomponentensignalen X_r , Y_r und Z_r (Block 110); Bestimmen des Rollens (R) entsprechend dem Arkustangens von $\{(Y_r - Y_e)/[Z_r - Z_e] (1 + \sin P)\}$ (Block 116, 124, 126); und Übertragen der das Rollen darstellenden Signale (Block 134).

3. Verfahren zur Bestimmung von Azimut und Rollen relativ zu einem Meßrahmen mit ersten, zweiten und dritten zueinander orthogonalen Achsen einer Struktur, die einen darauf kardatisch aufgehängten Kompaß enthält, gekennzeichnet durch folgende Schritte: Messen des Umgebungsmagnetfeldes in Form dreier im wesentlichen unabhängiger Komponenten und Erzeugen von Feldkomponentensignalen X_e , Y_e und Z_e , jeweils entlang zueinander orthogonaler X-, Y- und Z-Achsen in dem durch den Kompaß definierten Meßrahmen (Block 106); Anlegen eines zur X-Achse des Meßrahmens orthogonalen vorgegebenen Magnetfeldes (Block 108); Messen der unabhängigen Komponenten des Magnetfeldes, die aus der Überlagerung des Umgebungsfeldes und des vorgegebenen Magnetfeldes resultieren und Erzeugen von Feldkomponentensignalen X_r , Y_r und Z_r (Block 110); Bestimmen des Azimuts (θ) entsprechend dem Arkustangens von (Y_e/X_e) (Block 130); Bestimmen des Rollens (R) entsprechend dem Arkustangens von $[(Y_r - Y_e)/(Z_r - Z_e)]$ (Block 116, 126); und Übertragen der Signale, die Azimut und Rollen darstellen (Block 134).

4. Vorrichtung zur Bestimmung von Azimut und Neigung einer Struktur entsprechend dem Verfahren von Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein in der Struktur enthaltenes Magnetometer (52, 60, 62, 64) mit drei zueinander orthogonalen Fühlern, die den Meßrahmen definieren, der die X-, Y- und Z-Achsen umfaßt, wobei das Magnetometer in Bezug auf die Struktur über die X-Achse in Rollrichtung und die Y-Achse in Neigungsrichtung beweglich ist und die Ausgangssignale X_e , Y_e und Z_e liefert, die die orthogonalen Komponenten des Umgebungsmagnetfeldes im Meßrahmen darstellen; Mittel (54) zum Anlegen eines ersten - zur Y-Achse des Meßrahmens orthogonalen - im wesentlichen gleichförmigen Magnetfeldes am Magnetometer aufgrund eines ersten Steuersignals (68), wobei das Magnetometer Signale X_p , Y_p und Z_p liefert, die die orthogonalen Komponenten der Überlagerung des Umgebungsfeldes und des ersten homogenen Magnetfeldes im Meßrahmen darstellen; Mittel (66) zur Bestimmung der Neigung

der Struktur in Bezug auf das Magnetometer entsprechend dem Arkustangens $[(X_p - X_e)/(Z_p - Z_e)]$; Mittel (66) zur Bestimmung des Azimuts der Struktur entsprechend dem Arkustangens von (Y_e/X_e) ; und Ausgangs- bzw. Ausgabemittel zur Lieferung von Ausgangssignalen, die den bestimmten Neigung und Azimut (72) entsprechen.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch Mittel (56) zur Erzeugung eines zweiten - zum ersten im wesentlichen homogenen Magnetfeldes orthogonalen - im wesentlichen homogenen Magnetfeldes am Magnetometer (52, 60, 62, 64) aufgrund eines zweiten Steuersignals (70), wobei das Magnetometer Magnetometer-Ausgangssignale X_r , Y_r und Z_r liefert, die orthogonale Komponenten der Überlagerung des Umgebungsfeldes und des zweiten homogenen Magnetfeldes im Meßrahmen darstellen; und durch Mittel (66) zur Bestimmung des Rollens der Struktur gemäß dem Arkustangens von $\{(Y_r - Y_e)/[(Z_r - Z_e)(1 + \sin P)]\}$, wobei die Ausgangs- bzw. Ausgabemittel außerdem ein Ausgangssignal liefern, das dem bestimmten Rollen entspricht (72).
6. Vorrichtung zur Bestimmung von Azimut und Rollen einer Struktur in einem Umgebungsmagnetfeld entsprechend dem Verfahren von Anspruch 3, gekennzeichnet durch ein in der Struktur enthaltenes Magnetometer (52, 60, 62, 64) mit drei zueinander orthogonalen Fühlern, die einen Meßrahmen definieren, der die X-, Y- und Z-Achsen umfaßt, wobei das Magnetometer in Bezug auf die Struktur über die X-Achse in Rollrichtung und die Y-Achse in Neigungsrichtung beweglich ist und die Ausgangssignale X_e , Y_e und Z_e liefert, die die orthogonalen Komponenten des Umgebungsmagnetfeldes im Meßrahmen darstellen; Mittel (56) zur Erzeugung eines - im wesentlichen zur X-Achse des Meßrahmens orthogonalen - im wesentlichen gleichförmigen Magnetfeldes am Magnetometer aufgrund eines Steuersignals (70), wobei das Magnetometer die Ausgangssignale X_r , Y_r und Z_r liefert, die die orthogonalen Komponenten der Überlagerung des Umgebungsfeldes und

des im wesentlichen gleichförmigen Magnetfeldes im Meßrahmen darstellen; Mittel (66) zur Bestimmung des Rollens der Struktur gemäß dem Arkustangens von $[(Yr-Ye)/(Zr-Ze)]$; Mittel (66) zur Bestimmung von Azimut der Struktur gemäß dem Arkustangens von (Ye/Xe) ; und Ausgangsmittel zur Lieferung von Ausgangssignalen, die den bestimmten Rollen und Azimut entsprechen (72).

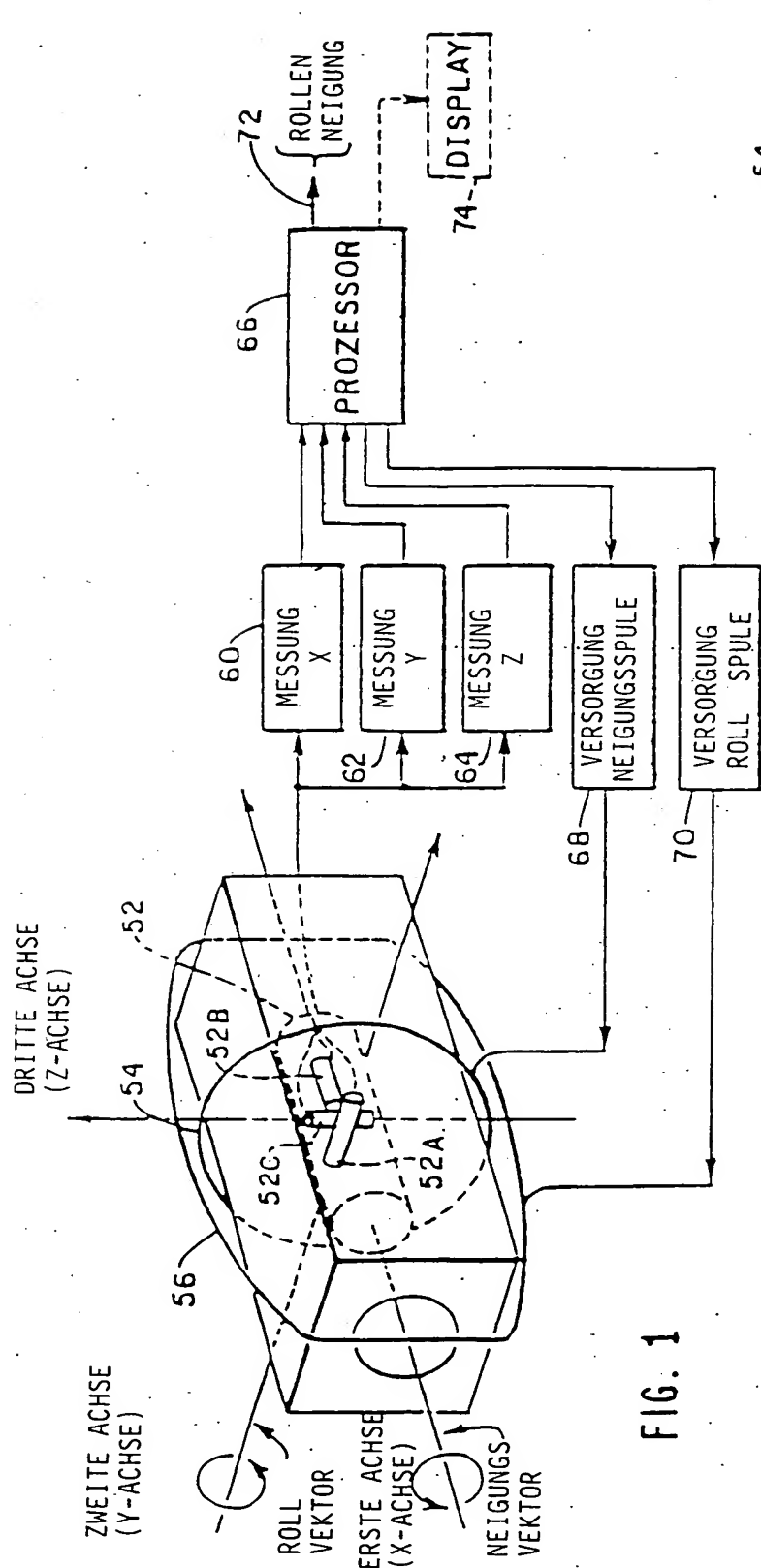


FIG. 1

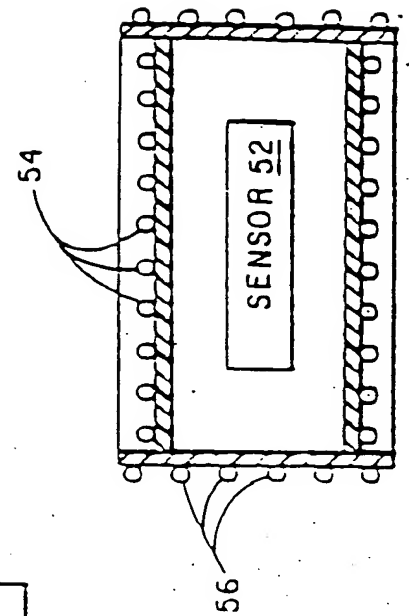
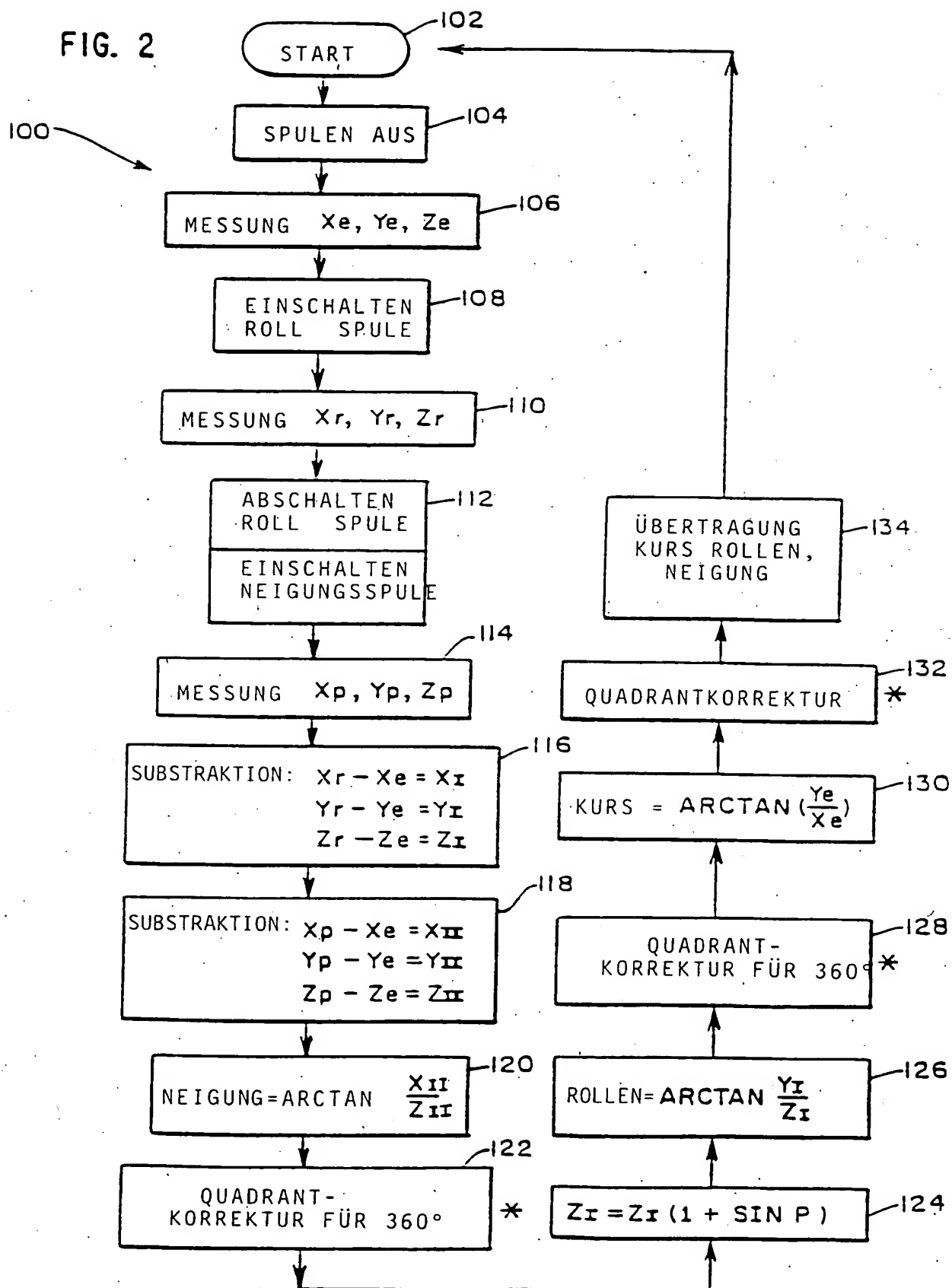


FIG. 1A

FIG. 2



THIS PAGE BLANK (USPTO)